

Aus der
Anatomischen Anstalt der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. H. Frick

**DER EINFLUSS KÖRPERLICHER BELASTUNG
AUF DIE ORGANGEWICHTE VON ALBINOMÄUSEN
BEI GLEICHZEITIGEN REGELMÄSSIGEN ÖLGABEN**

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der
Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von
WOLF-DIETER SEEHER
aus München

1980

Aus der
Anatomischen Anstalt der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. H. Frick

**DER EINFLUSS KÖRPERLICHER BELASTUNG
AUF DIE ORGANGEWICHTE VON ALBINOMÄUSEN
BEI GLEICHZEITIGEN REGELMÄSSIGEN ÖLGABEN**

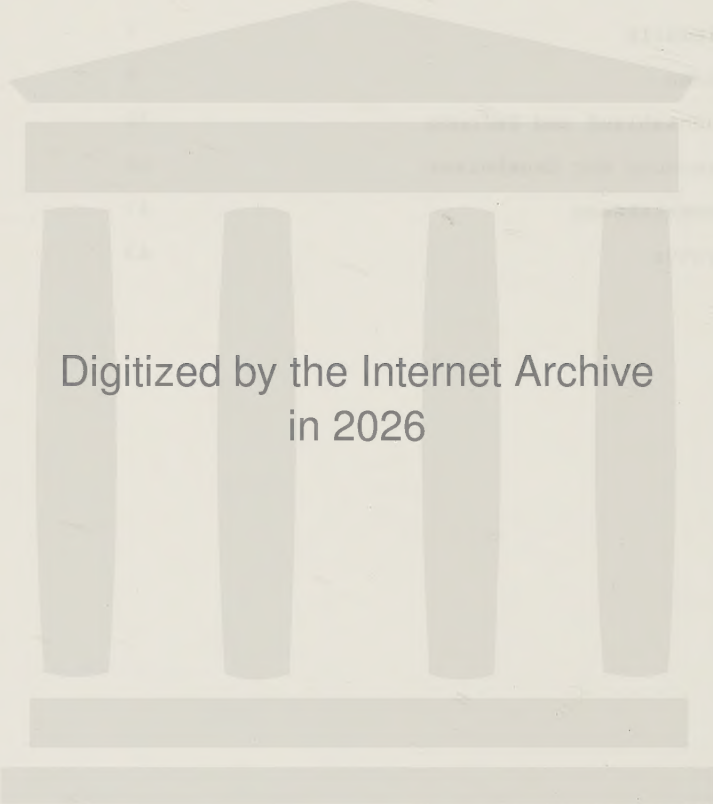
INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der
Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von
WOLF-DIETER SEEHER
aus München

1980

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Problematik	1
Methoden	5
Versuchsablauf und Befunde	10
Besprechung der Ergebnisse	23
Zusammenfassung	41
Literatur	43



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551913_0080

Problematik

Im gesunden Organismus stehen die Gewichte der einzelnen Teile und Organe in bestimmten Verhältnissen zum Gesamtkörpergewicht. Diese Relationen sind regelhaft unter anderem von Spezies, Alter und Funktionszustand abhängig.

Von Interesse erscheint derzeit die Beeinflussung dieser Beziehungen durch Wirkstoffe bei Trainierenden, insbesondere auch im Hinblick auf sportmedizinische Erkenntnisse. Die Bedeutung dieses Fragenkomplexes wurde bereits um die Jahrhundertwende erkannt; seitdem sind eine Reihe von Untersuchungen auf den Gebieten Training und Anabolika durchgeführt worden (u.a. MORPURGO, 1898; KOCHAKIAN, 1935; HOFFMANN, 1938; WYDRA, 1972; HOLLMANN u. HETTINGER, 1976; AIGNER, 1979). Dabei wurden Versuchstiere verschiedener Arten (Hunde, Kaninchen, Ratten, Schweine, Mäuse) den unterschiedlichsten Bedingungen unterworfen, wie z.B. Training durch Laufen oder Schwimmen sowie durch Gabe verschiedener Wirkstoffe. Die Vielfalt der Methoden macht es schwierig, vergleichende Betrachtungen der Ergebnisse anzustellen. Besonders die oftmals geringe Zahl der Versuchstiere bis herunter zu einzelnen Exemplaren läßt bei der bekannten Streuung von Meßergebnissen an biologischem Material Ergebnisse von Aussagekraft in einigen Fällen nicht zu.

Wenn die Wirkungen von Training bzw. von Wirkstoffen festgestellt werden sollen, müssen andere mit dem Versuch verbundene Einflüsse erkannt, bestimmt und gegebenenfalls ausgeschlossen werden. Um die Voraussetzungen für Vergleiche zu schaffen, wurde das Modell Albinomaus gewählt, das genetisch homogen, in genügender Anzahl verfügbar und wegen der geringen

Größe im Labor gut zu handhaben ist. Andere Autoren (CLASS, 1961; SEELIGER, 1960; AIGNER, 1979) haben diese günstigen Voraussetzungen bereits erprobt, so daß man davon ausgehen kann, daß auch weitere Untersuchungen an dieser Tierart durchgeführt werden.

Beim Vergleich zweier Stichproben, von denen nur eine unter den Einfluß eines Wirkstoffs gestellt wurde, darf nicht übersehen werden, daß die Verabreichung und die Einwirkung des Trägermediums eine Störgröße bei der Beurteilung des Wirkstoffs darstellen. Da die Einflüsse von Lösungsmittel und Wirkstoff zunächst nicht zu trennen sind, muß zur korrekten Auswertung die Kontrollstichprobe dem Einfluß der Trägersubstanz allein ausgesetzt werden. Dadurch werden auch die Belastungen durch die Versuchsbedingungen, die für beide Gruppen als gleich angenommen werden können (insbesondere z.B. eine intragastrale Verabreichung), aus dem Vergleichsergebnis eliminiert. Die Wahl einer geeigneten Trägersubstanz und die Feststellung ihres Einflusses auf die Tiere ist daher unabdingbare Voraussetzung für vergleichende Untersuchungen. Als geeignetes Medium für die in Frage kommenden lipophilen Wirkstoffe wurde reines Olivenöl gewählt.

Aus diesen Gründen werden in vorliegender Arbeit quantitative Daten von trainierten als auch von nichttrainierten Albinomäusen gesammelt, die als Grundlage für weitere Studien verwendbar sind. Ferner werden der Einfluß eines Trainings auf die Tiere unter den genannten Bedingungen - insbesondere mit allometrischen Methoden - untersucht und die Auswirkungen des Verabreichungsvorgangs und des Öls selbst festgestellt.

Die Organ-Körpergewichtsrelation unterliegt bekannten Gesetzmäßigkeiten. Anschaulich zeigt sich dies in der HESSE'schen "Reihenregel", nach der die auf das Körpergewicht bezogenen relativen Organgewichte adulter Individuen bei höherem Körpergewicht regelhaft geringer sind. Die Organe stehen somit zum Körper nicht in einem

isometrischen Gewichtsverhältnis, das sich in einer linearen Funktion ausdrücken ließe, sondern in einem sogenannten allometrischen. Der Zusammenhang läßt sich in einer Potenzfunktion der Form

$$y = b \cdot x^a$$

darstellen, die als Allometriegleichung bezeichnet wird (KLATT, 1919; FRICK, 1957 b). Ihre Variablen x und y bezeichnen das Körpergewicht bzw. das Organgewicht. Der Allometrieexponent oder auch "somatische Exponent" a (KLATT) bestimmt für jedes Organ Ausmaß und Richtung der Abhängigkeit des Organgewichts vom Körpergewicht. Mit dem Faktor b , auch Organkoeffizient genannt, werden die Wirkungen sämtlicher übrigen Einflüsse auf das Organgewicht angegeben. Wichtig ist die genaue Unterscheidung zwischen allometrischem Wachstum als dem nichtlinearen Verhältnis von Körper- zu Organwachstum und dem allometrischen Gewichtsverhältnis als dem nichtlinearen Zusammenhang von Organgewicht und Körpergewicht bei verschiedenen schweren Individuen gleichen Alters jeweils der gleichen Art. Der ungleichmäßige Wachstumsverlauf des Körpers und der Organe stellt sich insbesondere in den Wachstumsschüben dar. Da die Wachstumsphasen von Körper und Einzelorganen nicht generell übereinstimmen, kann ein für die gesamte Wachstumszeit gültiger Allometrieexponent nicht angegeben werden.

Bei der Untersuchung von bestimmten experimentellen Einflüssen auf die Organgewichte muß daher darauf geachtet werden, daß die Wachstumsphase der Versuchstiere beendet ist. Nur so können die allometrischen Gewichtsverhältnisse frei von unkontrollierbarer Überlagerung durch Wachstumseinflüsse betrachtet werden. Darüberhinaus ist es sinnvoll, ein Untersuchungsgut von einheitlichem Alter zu verwenden. Allein die Bedingung, daß es sich um ausgewachsene Tiere handelt, würde zwar Fehler aufgrund einer Verfälschung durch differenzierenden Wachstum vermeiden, jedoch außer acht lassen, daß bei

verschieden alten Tieren andere nicht genau erfaßbare endogene Mechanismen wie z.B. Alterungsprozesse Einfluß nehmen können.

Der Allometrieexponent a bestimmt durch seinen Wert die Art der Korrelation zwischen Organ- und Körpergewicht. Wenn $a < 1$, dann ist das relative Organgewicht bei schweren Individuen geringer als bei leichten, wenn $a = 1$, besteht eine lineare Abhängigkeit und bei $a > 1$ ist das relative Organgewicht umso größer, je schwerer der gesamte Körper ist.

Für die meisten bisher untersuchten Organe (Hirn, Herz, Leber, Milz, Nieren, Lunge) haben die Exponenten Werte von $a > 1$ (CLASS, 1961; FRICK, 1957 a; KLEMMT, 1960; SEELIGER, 1960; AIGNER, 1979). Unter Berücksichtigung des Gesamtkörpergewichts folgt daraus, daß für bestimmte Körperteile der Exponent zum Ausgleich größer als eins sein muß, andernfalls könnte die Summe der Teilgewichte eines Organismus nicht das tatsächliche Körpergewicht erfüllen.

Der Faktor b der Allometriegleichung stellt die Wirkung aller Einflüsse außer dem des Körpergewichts auf ein Organgewicht dar. Da sind einerseits solche endogener Art wie z.B. hormonelle und humorale Steuerungen, die die Funktion und damit in gewissem Maße das Gewicht des jeweiligen Organs beeinflussen. Andererseits gibt es exogene Einflüsse wie z.B. Umgebungstemperatur, Belichtungsintensität, Art der Nahrung, körperliche Tätigkeit sowie Eingriffe in den Stoffwechsel.

Wenn die theoretische Aufteilung des Faktors b nach exogenen und endogenen Faktoren möglich würde, dann bestünden erstere aus variablen, von Umwelteinflüssen abhängigen Anteilen. Diese könnten einzeln Werte zwischen Null und einem Höchstwert, ab dem trotz größer werdenden Einflusses eine weitere Steigerung der Wirkung nicht mehr erzielbar ist, annehmen. Dies gilt natürlich nur solange, als die Einflußgröße keine schädlichen Folgen für den Organismus bewirkt. Zu den endogenen Faktoren träte eine unveränderliche organspezifische Grundkonstante, deren Wert genetisch bestimmt ist.

Methoden

Um die Vergleichbarkeit mit anderen Untersuchungen zu ermöglichen, wurde ein früher bewährtes Versuchsschema übernommen. Das Training wurde WYDRA (1972) entsprechend durchgeführt. Bei ihr hatte sich zur Erreichung einer gleichmäßigen Belastung aller Versuchstiere das Training auf einem motorgetriebenen Laufband als geeignet erwiesen. Die Präparation der einzelnen Teile wurde ebenso wie in einer Reihe anderer Arbeiten (u.a. CLASS, 1961; SEELIGER, 1960; AIGNER, 1979) in der von KLEMMT (1960) beschriebenen Weise durchgeführt.

Tiermaterial

Für die Untersuchung wurden 206 nicht gravide und gesunde weibliche Albinomäuse vom Stamm "Agnes Bluhm" verwendet. Das Alter der Tiere betrug bei Versuchsbeginn 64 ± 2 Tage. Die Mäuse wurden mit Ohrmarken versehen und so eingeteilt, daß je zehn Tiere mit einem Durchschnittsgewicht von 30,31 g in einem Laborkäfig gehalten wurden. Die Käfige mit den Maßen 45 x 25 x 15 cm bestanden aus Acrylglas und hatten Drahtgitterdeckel. Durch eine gesteuerte Beleuchtung wurde eine konstante Taglänge von 14 Stunden eingehalten. Als Futter diente Altromin^R-Trockenfutter, das ebenso wie Wasser ad libitum zur Verfügung stand. Es wurden zwei Versuchsgruppen gebildet, die beide unter den besonderen Einfluß von Ölgaben gestellt wurden; eine Gruppe mußte zusätzlich ein Laufpensum bewältigen. Die übrigen Bedingungen waren für beide Gruppen gleich.

Ölgaben

Mit einer feingraduierten Injektionsspritze und einer Knopfkanüle wurde jeweils 0,1 ml reines Olivenöl (DAB 7) instilliert. Durch die direkte Einführung in den Magen konnte eine standardisierte Applikation erreicht werden. Die Instillationen fanden alle 5 Tage statt (1., 6., 11., 16., 21. und 26. Ver-

suchstag), bei den Trainingstieren jeweils zwischen Vor- und Nachmittagspensum. Die insgesamt verabreichte Ölmenge beträgt somit 0,6 ml pro Maus.

Training

Vom ersten bis zum 30. Versuchstag mußten die Mäuse der Trainingsgruppe ein Laufprogramm auf einem motorgetriebenen Transportband absolvieren. Um gegenseitige Störungen und ein Laufen schräg zur Bewegungsrichtung des Bandes zu vermeiden, wurde die nutzbare Fläche des Gummituchbandes von 70 cm Breite und 45 cm Länge durch Trennwände in 10 gleichbreite Boxen unterteilt, so daß jede Maus alleine lief. Am Herauspringen wurden die Mäuse durch einen auf die Boxen gelegten Plexiglasdeckel gehindert, der gleichzeitig eine Kontrolle des Laufens ermöglichte. Die Geschwindigkeit des Transportbandes betrug 17 m/min. Durch diese Anordnung wurde die Forderung nach definierter und für alle Mäuse gleicher Belastung erfüllt. Zur Eingewöhnung wurden am ersten und zweiten Tag vor- und nachmittags je 10 min und an den beiden folgenden Tagen jeweils 20 min gelaufen. Vom 5. bis 30. Tag betrug die Trainingsdauer zweimal 30 min täglich. Die auf diese Weise zurückgelegte Gesamtstrecke beläuft sich auf ca. 28 km.

Wiegung

Während des Versuchs wurden die Gewichte der Mäuse alle fünf Tage jeweils vor der Ölgabe festgestellt. Dazu wurden sie mit einer Ablesegenauigkeit von 0,1 g gewogen. Zur Kontrolle wurden jeweils alle 10 in einem Käfig zusammengefaßten Mäuse nochmals gemeinsam gewogen, dabei zeigte sich eine hohe Genauigkeit der Einzelwiegungen.

Probengewinnung

Am 31. Versuchstag wurden die Tiere einzeln lebend gewogen, mit Äther betäubt und in Narkose an den Extremitäten fixiert. Nach Freilegung und Durchtrennung der Halsvene starben die Mäuse durch Ausbluten. Nach der Methode von KLEMMT (1960)

wurden Hirn, Herz, Leber, Nieren und Milz gewonnen. Außerdem wurden Haut- und Eingeweidefett herauspräpariert. Um eine Verfälschung der Ergebnisse durch Abdunstung zu vermeiden, wurden sämtliche Teile sofort nach der Präparation gewogen.

Rechen- und Auswertemethoden

Von den Körpergewichten der ausgebluteten Mäuse werden die Gewichte von Magen, Darm, Blase und Gallenblase mit Inhalten abgezogen, woraus sich die Werte für das Nettokörpergewicht ergeben.

Absolutgewichte

Die Mittelwerte der absoluten Körper- und Organgewichte der Gruppe K werden mit denen der Gruppe T verglichen. Die Hypothese, daß sich die Mittelwerte der beiden Stichproben mit der Irrtumswahrscheinlichkeit 1 % bzw. 0,1 % nur zufällig unterscheiden, ist anzunehmen, wenn der für die

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_d} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}} \quad \text{mit} \quad s_d^2 = \frac{s_1^2 \cdot (n_1 - 1) + s_2^2 \cdot (n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2}$$

Testgröße errechnete Wert kleiner als der Prüfwert 2,60 bzw. 3,34 ist.

Reihenregel

Zur Überprüfung der Reihenregel werden die Meßwerte der Mäuse in Klassen nach Nettokörpergewicht eingeteilt. Die Klassenbreite beträgt $d = 1$ g. Es werden die Klassenmittel der Nettokörpergewichte und der jeweiligen Organgewichte ermittelt und daraus für jede Klasse die relativen Organgewichte berechnet. Nach Logarithmieren der Klassenordnungszahlen x_i ($= X_i$) und des Klassenmittel - Organrelativgewichts y_i ($= Y_i$) wird festgestellt, ob eine lineare Regression zwischen X und Y vorliegt. Dazu wird der Exponent a wie bei der folgenden Allometrierechnung ermittelt. Die Bestimmung

des Korrelationskoeffizienten r bei einer Regression ersten Grades erfolgt nach HASELOFF und HOFFMANN (1968) mit der Formel

$$r = a \cdot \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \sum x_i \cdot \bar{x}}{\sum y_i^2 - \sum y_i \cdot \bar{y}}}$$

Die Reihenregel ist bestätigt, wenn der Korrelationskoeffizient r (und damit auch a) negativ ist und sich signifikant von Null unterscheidet, was durch einen Vergleich mit dem entsprechenden Tabellenwert beantwortet werden kann (t - Test)

$$|r| - 0,254 \text{ (bzw. } 0,321) \geq 0 \quad r \neq 0$$

mit der Irrtumswahrscheinlichkeit

$$p \leq 0,01 \text{ (bzw. } 0,001).$$

Allometrierechnung

Das allometrische Verhältnis zwischen Körper- und Organ- gewicht wird durch die Potenzfunktion

$$y = b \cdot x^a$$

ausgedrückt. Die Berechnung des Allometrieexponenten a erfolgt nach Logarithmieren der Variablen x und y als Berechnung des Regressionskoeffizienten zwischen $\log y_i = Y_i$ und $\log x_i = X_i$ nach der Methode der kleinsten Quadrate.

$$a = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2}$$

Der Faktor b , auch Organkoeffizient genannt, berechnet sich nach

$$\log b = \bar{Y} - a \cdot \bar{X}$$

Der Korrelationskoeffizient r gibt das Maß der Abhängigkeit einer Variablen y von der Variablen x an. Die Werte $+1$ und -1 bezeichnen dabei eine totale Abhängigkeit, d.h. Proportionalität bzw. umgekehrte Proportionalität. Je näher

der Wert bei Null liegt, umso geringer ist der Grad der Abhängigkeit. Ein Korrelationskoeffizient $r = 0$ bedeutet, daß es eine mathematische Beziehung zwischen x und y nicht gibt.

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Die Prüfung der Signifikanz der Korrelationskoeffizienten r und damit gleichzeitig der Allometrieexponenten wird wie bei der Reihenregel angegeben durch Vergleich mit Tabellenwerten durchgeführt. Damit sind alle Werte für die Berechnung der Standardabweichung des Exponenten a bekannt. Diese wird berechnet nach der Formel

$$s_a = \sqrt{\frac{(y_i - \bar{y})^2}{(x_i - \bar{x})^2}} \cdot \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}$$

Zum Vergleich der Allometrieexponenten gleicher Organe wird die Varianzanalyse in der von WILLIAMS (1959) angegebenen Weise durchgeführt. So kann festgestellt werden, ob sich die Exponenten a der trainierten und der nichttrainierten Tiere signifikant unterscheiden. Dafür wird die errechnete Maßzahl z (IMBRIE, 1956) mit den Tabellenwerten für die jeweiligen Irrtumswahrscheinlichkeiten verglichen:

$$\begin{array}{ll} z \geq 1,96 & p \leq 0,05 \\ z \geq 2,58 & p \leq 0,01. \end{array}$$

Bei kleineren Werten für z_{Steigung} kann davon ausgegangen werden, daß sich die Steigung der Geraden nicht überzufällig unterscheidet. Unter dieser Voraussetzung kann ein gemeinsames a berechnet werden, um anschließend in gleicher Weise überprüfen zu können, ob die Allometrieegeraden eine unterschiedliche Lage aufweisen ($b_1 \neq b_2$). Für die Beurteilung von z_{Lage} gelten ebenfalls die genannten Signifikanzgrenzen.

Versuchsablauf und Befunde

Von den Tieren der Trainingsgruppe erwiesen sich acht am ersten Tag als dem Laufpensum nicht gewachsen, sie wurden durch andere ersetzt. Im weiteren Verlauf mußten noch 2 Mäuse wegen vorzeitiger Erschöpfung aus dem Versuch genommen werden. Im übrigen überstanden die Tiere das Lauftraining gut. Da mit einer gewissen Verlustrate zu rechnen war und um bei Versuchsende die Daten von etwa 100 Tieren sicher zu erhalten, wurden weitere 6 Mäuse eingesetzt, so daß bei Versuchsende 102 Tiere auswertbar waren. Die Ausfälle in Gruppe T betrugen durch Laufuntauglichkeit 8,8 %, durch Tod 0,9 %. In Gruppe K starben 2 Mäuse nach fehlerhafter Instillation. Hier betrugen die Ausfälle also 2 %, die Zahl der auswertbaren Tiere betrug $n=98$. Während der Versuchsdauer traten keine Krankheiten und kein Parasitenbefall auf.

Am Versuchsende wurden das Gesamtkörpergewicht (tot), die Gewichte von Herz, Leber, Nieren, Milz, Hirn, Magen-Darmtrakt, Harnblase und Gallenblase. Diese Gewichte und die errechneten Nettokörpergewichte (Gesamtkörpergewicht abzüglich der Gewichte des Magen-Darmtrakts sowie von Harn- und Gallenblase) sind für Gruppe K in Tabelle 1, für Gruppe T in Tabelle 2 verzeichnet. Tabelle 3 zeigt für beide Gruppen die errechneten Mittelwerte der Absolutgewichte von Nettokörper und der erfaßten Organe sowie die Relativgewichte der Organe in Bezug auf das Nettokörpergewicht. Die Tabellen 4 und 5 enthalten für die Gruppe K und T die Einteilung in Gewichtsklassen und die Mittelwerte der Absolut- und Relativgewichte aller Organe in jeder Klasse.

Tabelle 1: Gewichte der Kontrollgruppe (n = 98)

Tier- nummer	Körper- gewicht (tot) (g)	Nettokörper- gewicht (tot) (g)	Herzgewicht (g)	Lebergewicht (g)	Nierengewicht (g)	Milzgewicht (g)	Hirngewicht (g)
343	25,253	21,630	0,145	1,207	0,326	0,087	0,454
468	25,825	21,220	0,165	1,332	0,298	0,090	0,462
197	27,720	23,970	0,152	1,390	0,305	0,099	0,493
79	27,722	24,034	0,140	1,500	0,323	0,060	0,431
473	27,855	23,226	0,162	1,471	0,335	0,075	0,439
632	28,324	24,314	0,139	1,262	0,276	0,067	0,438
331	28,372	23,963	0,160	1,390	0,286	0,087	0,451
471	28,484	23,063	0,154	1,382	0,338	0,080	0,483
406	28,700	24,012	0,165	1,352	0,342	0,076	0,421
609	28,884	24,282	0,145	1,446	0,371	0,100	0,460
424	28,898	24,208	0,182	1,470	0,340	0,093	0,452
516	29,028	25,051	0,185	1,490	0,339	0,092	0,428
88	29,031	23,693	0,155	1,292	0,259	0,110	0,428
436	29,090	23,843	0,170	1,571	0,321	0,105	0,440
623	29,142	25,018	0,129	1,372	0,297	0,092	0,441
452	29,150	25,219	0,193	1,410	0,361	0,090	0,462

Tabelle 1

Fortsetzung

426	29,498	23,743	0,197	1,638	0,317	0,102	0,458
606	29,520	25,677	0,168	1,539	0,307	0,082	0,483
430	29,715	24,081	0,198	1,543	0,348	0,110	0,476
517	29,751	24,552	0,160	1,547	0,312	0,122	0,462
352	29,778	25,455	0,156	1,500	0,302	0,088	0,459
326	29,808	24,817	0,210	1,678	0,368	0,120	0,451
193	29,881	26,000	0,200	1,487	0,411	0,089	0,512
334	29,901	26,134	0,179	1,430	0,319	0,108	0,436
469	29,906	24,924	0,156	1,662	0,374	0,100	0,480
330	29,965	24,428	0,159	1,566	0,319	0,102	0,489
401	29,972	24,480	0,161	1,519	0,354	0,120	0,420
413	30,090	25,121	0,168	1,528	0,314	0,095	0,460
412	30,118	25,760	0,152	1,550	0,316	0,075	0,458
62	30,137	24,404	0,158	1,608	0,332	0,120	0,455
742	30,140	24,831	0,190	1,672	0,460	0,093	0,509
340	30,180	25,523	0,229	1,512	0,392	0,090	0,410
718	30,206	26,006	0,160	1,408	0,290	0,072	0,450
405	30,210	25,244	0,169	1,628	0,360	0,107	0,445
429	30,240	25,525	0,168	1,547	0,313	0,098	0,429
620	30,245	25,734	0,158	1,688	0,356	0,080	0,451

407	30,435	25,723	0,143	1,478	0,347	0,077	0,459
425	30,450	25,587	0,152	1,365	0,278	0,084	0,422
464	30,510	25,803	0,220	1,607	0,357	0,105	0,478
627	30,713	23,117	0,133	1,489	0,279	0,072	0,411
484	30,727	25,749	0,192	1,698	0,330	0,086	0,489
433	30,920	25,679	0,200	1,570	0,331	0,100	0,471
489	30,985	25,874	0,179	1,409	0,335	0,096	0,493
734	31,010	26,481	0,152	1,360	0,314	0,071	0,460
572	31,048	25,307	0,169	1,705	0,312	0,101	0,468
518	31,048	26,448	0,200	1,665	0,313	0,103	0,472
479	31,048	26,710	0,176	1,656	0,330	0,099	0,470
571	31,118	25,501	0,154	1,611	0,345	0,104	0,472
428	31,144	26,617	0,191	1,618	0,383	0,085	0,509
475	31,180	26,160	0,185	1,701	0,327	0,117	0,480
415	31,211	25,558	0,160	1,742	0,335	0,122	0,445
494	31,290	26,465	0,192	1,452	0,319	0,093	0,486
487	31,538	27,360	0,177	1,672	0,359	0,096	0,466
502	31,610	26,237	0,222	1,823	0,349	0,139	0,440
350	31,870	26,262	0,159	1,422	0,330	0,078	0,452
432	31,895	27,083	0,168	1,649	0,372	0,113	0,459
519	31,902	27,100	0,152	1,790	0,397	0,148	0,450
403	31,930	27,301	0,212	1,374	0,369	0,121	0,467

Tabelle 1 Fortsetzung

200	32,008	26,798	0,206	1,482	0,388	0,140	0,484
574	32,095	25,091	0,177	1,890	0,308	0,165	0,438
570	32,151	26,580	0,148	1,882	0,357	0,120	0,471
349	32,267	26,399	0,159	1,534	0,326	0,109	0,465
477	32,294	26,582	0,199	1,570	0,312	0,090	0,479
634	32,453	28,173	0,177	1,598	0,357	0,097	0,463
410	32,490	26,663	0,208	1,768	0,402	0,111	0,460
493	32,515	27,868	0,230	1,716	0,456	0,102	0,494
488	32,546	27,885	0,221	1,664	0,369	0,100	0,502
411	32,636	26,566	0,169	1,690	0,320	0,132	0,473
569	32,674	27,204	0,182	1,660	0,372	0,129	0,481
335	32,690	26,916	0,213	1,475	0,327	0,092	0,450
417	32,703	27,640	0,173	1,701	0,437	0,099	0,441
416	32,758	27,267	0,159	1,453	0,353	0,105	0,475
474	32,860	27,500	0,170	2,042	0,391	0,179	0,412
722	32,881	28,494	0,163	1,556	0,385	0,087	0,488
337	33,240	28,229	0,169	1,418	0,353	0,083	0,510
427	33,560	29,074	0,199	1,717	0,382	0,123	0,491
421	33,575	27,958	0,164	1,744	0,359	0,113	0,431
573	33,700	28,465	0,162	1,830	0,374	0,124	0,459
441	33,702	28,969	0,172	1,726	0,315	0,143	0,442

Tabelle 1

Fortsetzung

161	33,798	28,538	0,180	1,669	0,350	0,128	0,451
483	33,981	27,203	0,171	1,635	0,370	0,092	0,488
404	34,083	27,474	0,187	1,441	0,363	0,074	0,451
346	34,130	28,558	0,172	1,882	0,389	0,144	0,462
402	34,148	28,987	0,169	1,597	0,358	0,080	0,462
437	34,150	29,521	0,170	1,870	0,392	0,115	0,470
408	34,265	29,622	0,188	1,554	0,401	0,120	0,484
492	34,435	28,354	0,171	1,722	0,360	0,092	0,461
344	34,445	28,794	0,268	1,714	0,352	0,127	0,449
87	34,453	29,944	0,170	1,779	0,367	0,100	0,435
628	34,493	29,956	0,222	1,666	0,410	0,142	0,459
490	34,674	28,784	0,197	1,700	0,339	0,112	0,487
336	34,759	28,213	0,168	1,619	0,293	0,080	0,488
418	34,992	29,066	0,203	1,738	0,417	0,101	0,461
431	35,018	28,955	0,178	2,118	0,443	0,128	0,489
481	35,569	30,271	0,197	1,631	0,383	0,111	0,486
419	36,220	29,732	0,211	1,927	0,407	0,121	0,490
339	37,678	32,278	0,214	1,798	0,403	0,091	0,499
485	38,590	31,504	0,207	2,313	0,377	0,180	0,464
$\bar{x}$	31,510	26,332	0,176	1,592	0,347	0,101	0,461
s	-	1,082	0,025	0,182	0,040	0,023	0,023

Tabelle 2: Gewichte der Trainingsgruppe (n = 102)

Tier- nummer	Körper- gewicht (tot) (g)	Nettokörper- gewicht (g)	Herzgewicht (g)	Lebergewicht (g)	Nierengewicht (g)	Milzgewicht (g)	Hirngewicht (g)
382	23,422	19,989	0,135	1,285	0,325	0,082	0,465
338	24,630	21,566	0,149	1,119	0,290	0,061	0,454
442	25,040	21,030	0,161	1,305	0,310	0,101	0,423
523	25,292	21,760	0,141	1,225	0,254	0,087	0,429
378	25,364	20,742	0,212	1,269	0,295	0,082	0,408
366	25,480	22,058	0,148	1,162	0,243	0,072	0,448
319	25,617	22,357	0,175	1,171	0,296	0,099	0,450
506	25,722	22,477	0,223	1,220	0,339	0,066	0,473
375	26,336	22,133	0,160	1,234	0,296	0,078	0,415
355	26,348	22,317	0,141	1,220	0,277	0,074	0,450
575	26,496	22,314	0,146	1,475	0,378	0,073	0,467
345	26,549	22,610	0,168	1,193	0,299	0,088	0,468
308	26,550	22,580	0,142	1,335	0,312	0,042	0,455
368	26,773	22,277	0,192	1,404	0,347	0,098	0,458
385	26,808	22,791	0,168	1,378	0,307	0,083	0,429
306	27,020	23,080	0,205	1,326	0,258	0,053	0,449
341	27,050	22,571	0,150	1,332	0,308	0,070	0,438

Tabelle 2

Fortsetzung

434	27,058	23,394	0,161	1,258	0,295	0,090	0,465
377	27,080	21,848	0,177	1,444	0,284	0,082	0,443
302	27,135	23,092	0,168	1,480	0,313	0,076	0,462
438	27,280	22,042	0,149	1,350	0,321	0,085	0,458
568	27,380	22,375	0,170	1,393	0,338	0,109	0,455
321	27,435	24,292	0,152	1,230	0,280	0,065	0,441
445	27,664	23,981	0,155	1,297	0,278	0,072	0,424
379	27,710	23,028	0,153	1,226	0,295	0,072	0,430
435	27,835	23,785	0,172	1,261	0,297	0,098	0,420
566	27,885	23,194	0,212	1,460	0,316	0,085	0,442
359	27,895	24,394	0,152	1,368	0,285	0,050	0,447
351	27,933	23,980	0,152	1,275	0,346	0,088	0,435
563	27,986	24,060	0,164	1,405	0,310	0,110	0,463
332	28,022	23,802	0,167	1,361	0,351	0,072	0,475
323	28,025	24,525	0,200	1,185	0,299	0,087	0,466
455	28,045	23,925	0,152	1,344	0,305	0,092	0,385
510	28,108	24,549	0,191	1,358	0,268	0,069	0,412
347	28,255	23,303	0,153	1,271	0,298	0,097	0,423
324	28,257	23,700	0,169	1,559	0,386	0,077	0,463
504	28,318	25,033	0,173	1,220	0,290	0,069	0,469
549	28,330	24,183	0,161	1,239	0,303	0,070	0,478
499	28,330	24,500	0,183	1,421	0,288	0,083	0,457

Tabelle 2 Fortsetzung

451	29,618	25,277	0,160	1,456	0,320	0,076	0,450
497	29,651	25,942	0,182	1,398	0,316	0,083	0,461
447	29,770	25,274	0,162	1,602	0,358	0,111	0,460
318	29,770	25,549	0,270	1,505	0,320	0,111	0,455
392	29,910	24,432	0,184	1,365	0,299	0,080	0,447
446	29,975	25,499	0,167	1,389	0,352	0,125	0,469
358	30,000	25,717	0,170	1,552	0,334	0,091	0,449
370	30,020	25,354	0,211	1,363	0,364	0,102	0,504
342	30,142	25,900	0,159	1,260	0,324	0,073	0,410
310	30,378	25,687	0,171	1,600	0,356	0,119	0,465
376	30,448	25,049	0,178	1,413	0,337	0,081	0,471
461	30,509	25,779	0,180	1,652	0,357	0,100	0,472
354	30,530	25,923	0,189	1,561	0,337	0,075	0,452
478	30,600	25,734	0,164	1,479	0,374	0,089	0,470
486	30,669	25,465	0,191	1,709	0,366	0,089	0,473
374	30,685	25,330	0,174	1,632	0,335	0,118	0,432
448	30,763	26,311	0,150	1,650	0,436	0,103	0,460
367	30,810	26,068	0,154	1,626	0,338	0,084	0,442
333	30,880	25,457	0,159	1,315	0,272	0,060	0,440
369	30,903	26,911	0,171	1,509	0,309	0,087	0,467
524	30,920	25,429	0,153	1,441	0,335	0,122	0,454
356	30,921	26,282	0,191	1,463	0,318	0,101	0,458
409	31,010	26,482	0,188	1,548	0,332	0,095	0,464

320	28,370	23,662	0,224	1,409	0,393	0,106	0,463
364	28,452	23,982	0,194	1,323	0,289	0,101	0,460
397	28,640	24,845	0,153	1,368	0,330	0,087	0,441
439	28,721	23,875	0,195	1,568	0,341	0,100	0,434
467	28,740	23,868	0,166	1,445	0,357	0,113	0,466
78	28,748	24,950	0,160	1,290	0,320	0,068	0,453
380	28,790	25,389	0,173	1,217	0,312	0,080	0,441
457	28,820	26,156	0,182	1,576	0,356	0,100	0,479
495	28,845	24,450	0,154	1,521	0,244	0,080	0,412
443	28,910	24,509	0,162	1,463	0,340	0,095	0,465
456	28,993	23,918	0,150	1,490	0,356	0,090	0,432
470	28,953	24,716	0,180	1,407	0,365	0,070	0,495
381	29,055	24,390	0,170	1,578	0,404	0,076	0,467
422	29,210	23,847	0,166	1,478	0,342	0,284	0,468
387	29,250	24,200	0,148	1,312	0,315	0,091	0,458
309	29,305	23,748	0,160	1,430	0,323	0,059	0,454
498	29,434	25,006	0,195	1,367	0,286	0,089	0,450
360	29,541	24,888	0,162	1,600	0,348	0,100	0,464
383	29,560	24,138	0,172	1,371	0,268	0,070	0,459
394	29,568	26,010	0,183	1,342	0,348	0,083	0,471
450	29,618	24,897	0,179	1,511	0,332	0,101	0,471

Tabelle 2

Fortsetzung

400	31,125	26,411	0,242	1,682	0,390	0,119	0,485
525	31,148	27,146	0,208	1,570	0,353	0,089	0,467
303	31,373	27,328	0,231	1,694	0,343	0,081	0,444
390	31,390	26,208	0,184	1,605	0,350	0,090	0,467
564	31,443	26,865	0,150	1,785	0,340	0,090	0,478
505	31,448	27,308	0,178	1,417	0,384	0,070	0,470
391	31,626	26,562	0,178	1,642	0,404	0,129	0,500
311	31,730	26,582	0,203	1,495	0,307	0,133	0,477
389	31,785	25,888	0,191	1,561	0,344	0,099	0,442
312	32,040	27,288	0,229	1,485	0,327	0,072	0,460
357	32,418	27,650	0,235	1,682	0,339	0,090	0,476
325	32,510	26,875	0,172	1,732	0,370	0,149	0,484
515	32,521	27,307	0,180	1,490	0,351	0,185	0,454
396	32,610	28,047	0,158	1,422	0,310	0,089	0,473
503	33,313	28,687	0,234	1,658	0,381	0,109	0,442
522	33,510	28,648	0,198	1,626	0,385	0,081	0,477
314	33,550	27,632	0,190	1,730	0,380	0,104	0,448
304	33,826	28,389	0,190	1,705	0,416	0,118	0,491
520	34,743	29,364	0,209	1,594	0,304	0,072	0,432
$\bar{x}$	29,163	24,665	0,174	1,425	0,326	0,088	0,454
s	-	1,079	0,025	0,155	0,038	0,028	0,021

Tabelle 3 Zusammenfassung der mittleren absoluten und relativen Gewichte

	Kontrolle (+Öl) n = 98	Training (+Öl) n = 102	Anteil T/K (%)	statistische Absicherung K ≠ T
Lebendgewicht (g) Versuchsanfang	30,31	30,31	100	
Totgewicht (g) Versuchsende	31,510	29,163	92,6	
Nettokörpergewicht (NKG) (g)	26,332	24,665	93,7	p < 0,001
Herz (g) Herz bez. NKG (%)	0,176 0,66	0,174 0,71	98,9	p > 0,05
Leber (g) Leber bez. NKG (%)	1,592 6,04	1,425 5,78	89,5	p < 0,001
Nieren (g) Nieren bez. NKG (%)	0,347 1,32	0,326 1,32	93,9	p < 0,001
Milz (g) Milz bez. NKG (%)	0,101 0,38	0,088 0,36	80,0	p < 0,001
Hirn (g) Hirn bez. NKG (%)	0,461 1,75	0,454 1,84	98,5	p < 0,02

Tabelle 4:

Klassenmittel von Nettokörpergewichten und Organgewichten und daraus berechnete relative Organgewichte (Gruppe K)

Klasse (g)	Indiv. zahl (n)	Nettokörper- gewicht (g)	abs. (g)	rel. (%)	Lebergewicht abs. (g)	rel. (%)	Nierengewicht abs. (g)	rel. (%)	Milzgewicht abs. (g)	rel. (%)	Hirngewicht abs. (g)	rel. (%)
23,000-23,999	7	23,522	0,160	0,68	1,462	6,22	0,308	1,31	0,092	0,39	0,443	1,88
24,000-24,999	13	24,413	0,166	0,68	1,525	6,25	0,348	1,42	0,099	0,40	0,457	1,87
25,000-25,999	21	25,486	0,172	0,68	1,564	6,14	0,330	1,30	0,097	0,38	0,455	1,79
26,000-26,999	18	26,446	0,184	0,70	1,579	5,97	0,340	1,29	0,103	0,39	0,469	1,77
27,000-27,999	13	27,449	0,182	0,66	1,657	6,04	0,382	1,39	0,113	0,41	0,463	1,69
28,000-28,999	13	28,578	0,180	0,63	1,704	5,96	0,359	1,26	0,110	0,38	0,470	1,64
29,000-29,999	7	29,559	0,195	0,66	1,750	5,92	0,397	1,34	0,117	0,40	0,470	1,59

Tabelle 5:

Klassenmittel von Nettokörpergewichten und Organgewichten und daraus berechnete relative Organgewichte (Gruppe T)

21,000-21,999	4	21,551	0,157	0,73	1,273	5,91	0,285	1,32	0,083	0,38	0,437	2,03
22,000-22,999	12	22,377	0,164	0,73	1,290	5,76	0,310	1,39	0,077	0,35	0,451	2,01
23,000-23,999	20	23,627	0,152	0,73	1,383	5,85	0,324	1,37	0,097	0,41	0,445	1,88
24,000-24,999	18	24,551	0,168	0,68	1,388	5,66	0,311	1,27	0,081	0,33	0,455	1,85
25,000-25,999	21	25,509	0,180	0,70	1,462	5,73	0,333	1,30	0,093	0,37	0,457	1,79
26,000-26,999	13	26,440	0,181	0,68	1,589	6,01	0,354	1,34	0,105	0,40	0,472	1,78
27,000-27,999	7	27,380	0,207	0,76	1,581	5,77	0,354	1,29	0,099	0,36	0,460	1,68
28,000-28,999	4	28,443	0,195	0,69	1,603	5,64	0,373	1,31	0,099	0,35	0,471	1,66

Besprechung der Ergebnisse

Die Dauer des Versuchs erstreckte sich über einen Zeitraum von 30 Tagen. Um den durchschnittlichen Verlauf der Körpergewichte beider Gruppen zu beobachten und zu vergleichen, wurden die Mäuse alle fünf Tage gewogen. Der in Abb. 1 dargestellte Verlauf der Gewichtsentwicklung zeigt, daß die Tiere der Kontrollgruppe unter dem alleinigen Einfluß von Ölgaben kontinuierlich zunahmen, und zwar um etwas über 1 g. Dagegen erfolgte bei den Mäusen, die täglich laufen mußten, infolge dieser körperlichen Belastung zunächst eine deutliche Gewichtsreduktion, dem eine Erholung und dann nur noch geringfügige Abnahme folgten.

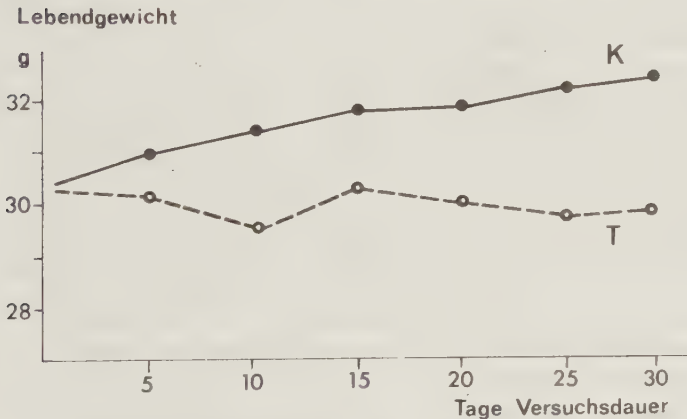


Abb. 1: Entwicklung des durchschnittlichen Körpergewichts der Mäuse während der Versuchsdauer (K = Kontrolle, T = Training)

Körpergewicht

Für die Beurteilung der einzelnen Organgewichte ist das Gesamtkörpergewicht von großer Bedeutung, da die einzelnen Organe immer in Bezug zum gesamten Organismus gesehen werden müssen. Diese Beziehung wird für die im folgenden untersuchten Organe sowohl durch den Vergleich der Relativgewichte und Anwendung der Reihenregel als auch durch die Allometrie-rechnung dargestellt. Die Genauigkeit der Ergebnisse würde allerdings unter den nicht unbedeutenden stochastischen Schwankungen der Körpergewichte durch unterschiedliche Mengen an Magen-, Darm- und Blaseninhalt leiden. Zur Ausschaltung dieser Ungenauigkeiten wurden von den Körpergewichten die Beträge von Magen-Darmtrakt sowie von Harn- und Gallenblase mit Inhalten abgezogen und alle weiteren Berechnungen mit den daraus erhaltenen bereinigten Körpergewichten (Nettokörpergewichten) durchgeführt.

Die Körpergewichtsänderungen durch Training werden in der Literatur unterschiedlich angegeben. Dies liegt gewiß z.T. an den sehr unterschiedlichen Versuchsbedingungen. HOFFMANN (1947), SKINNER (1964), KELLER et al. (1971), POLLOCK (1971) und AIGNER (1979) fanden eine Gewichtsreduktion, wobei die starke Abnahme des Fettanteils wesentliche Bedeutung hatte. Aus den Befunden von HOFFMANN (1938) wird deutlich, wie nachteilig sich eine geringe Versuchstierzahl auf den Aussage-wert des Ergebnisses auswirkt. Von fünf trainierten Russen-kaninchen, darunter ein männliches, zeigten zwei keine Gewichtsreaktion auf das Lauftraining, drei dagegen wurden leichter im Vergleich zu den zur Kontrolle mituntersuchten Geschwistertieren. Eine Untersuchung von GORDON et al. (1967), die auch an nur sechs Tieren vorgenommen wurde, brachte als Ergebnis eine Gewichtsabnahme nach Schwimmtraining. Es kann ganz allgemein festgestellt werden, daß Ergebnissen, die auf der Beobachtung einzelner oder weniger Versuchstiere beruhen ein relativ geringer allgemeingültiger Aussagewert zukommt. Dies gilt insbesondere dann, wenn obendrein noch durch

andere Faktoren wie z.B. unterschiedliches Geschlecht, Alter oder Gravidität ein maßgeblicher Einfluß auf die Versuchsbedingungen ausgeübt wird. Bei unserer Untersuchung an 98 Kontroll- und 102 Prüftieren betragen die absoluten Nettokörpergewichte im Mittel bei Gruppe

K	26,332 g $\pm$ 1,082 g	(21,220 g - 32,278 g)
T	24,665 g $\pm$ 1,079 g	(19,889 g - 29,364 g).

Diese absoluten Gewichte sind gesichert ($p < 0,001$) verschieden. Die Trainingstiere sind im Durchschnitt um 6,3 % leichter als die Kontrolltiere. Da die mittleren Ausgangsgewichte beider Gruppen zu Versuchsbeginn gleich waren, darf die Gewichtsabnahme auf den Einfluß des Trainings zurückgeführt werden.

Herz

Körperliche Tätigkeit bzw. Training hat eine Erhöhung des Herzgewichtes zur Folge. Dabei vergrößert sich dieses Organ nicht durch Vermehrung der Zellanzahl, sondern durch Hypertrophie. Dieser Vorgang ist bei Absetzen der Belastung reversibel. Viele Untersuchungen bestätigen den Zusammenhang (u.a. KIRCH und NÜRMBERGER, 1939; LEON und BLOOR, 1968; AIGNER, 1979) zwischen Training und Herzgewichtszunahme. Die errechneten Mittelwerte der absoluten Herzgewichte betragen in unseren Versuchen bei Gruppe

K	0,176 $\pm$ 0,025 g	(0,129 g - 0,268 g)
T	0,174 $\pm$ 0,025 g	(0,135 g - 0,270 g).

Die mittleren Herzgewichte der beiden Gruppen unterscheiden sich bei Überprüfung mittels t-Test nur zufällig voneinander. Da die Körpergewichte beider Gruppen zu Versuchsbeginn im Mittel gleich waren und bei der Homogenität der Albinomäuse davon ausgegangen werden kann, daß auch das mittlere Herzgewicht anfangs gleich war, folgt daraus, daß das Training das absolute Herzgewicht nicht beeinflußt hat.

Das aus den jeweiligen Durchschnittswerten ermittelte und auf das Nettokörpergewicht bezogene relative Herzgewicht beträgt in Gruppe K 0,66 % und in Gruppe T 0,71 %. Das

Training hat somit eine Steigerung des relativen Herzgewichts um 7,6 % verursacht, die bei der Konstanz des absoluten Betrags auf der Abnahme des Gesamtkörpergewichts beruht. Eine Steigerung um einen noch höheren Betrag fand HOFFMANN (1938, 1947) bei Versuchen an Russenkaninchen. Das Relativgewicht nahm bei diesen Tieren nach Durchführung eines Laufbandtrainings gegenüber der Kontrolle um ca. 15 % zu. Es muß allerdings berücksichtigt werden, daß die Zahl der auswertbaren Prüfgruppenteilnehmer mit 7 bzw. 3 recht gering war. Die Klassenmittel der relativen Herzgewichte bewegen sich zwischen 0,63 % und 0,72 % bei der Gruppe K und zwischen 0,68 % und 1,02 % bei der Gruppe T. Die Reihenregel nach HESSE (1921) ist für Gruppe K bestätigt ($p < 0,01$), dies stimmt mit den Ergebnissen von KLEMMT (1960) und SEELIGER (1960) überein. Dagegen folgen die relativen Herzgewichte der trainierten Tiere nicht der Reihenregel. Worauf dieser Sachverhalt beruht, ist unklar, er steht auch nicht mit der Feststellung von CLASS (1961) in Einklang, die bei Mäusen des gleichen Stammes nach Schwimmtraining die Reihenregel bestätigt fand.

Die Berechnung der Allometrieexponenten (a), Organkoeffizienten (b) und der Regressionskoeffizienten (r) ergibt folgende Werte:

	Gruppe K	Gruppe T
a	0,764	0,752
b	0,0144	0,0157
r	0,444	0,422

Die Exponenten a_K und a_T unterscheiden sich signifikant von Null ($p < 0,001$). Recht gut stimmen die Allometrieexponenten für das Herz aus den verschiedenen Arbeiten überein, wie aus dem Vergleich hervorgeht:

	SEELIGER	AIGNER K	SEEHER K+ÖL	CLASS T	AIGNER T	SEEHER T+ÖL
a	0,743	0,735	0,764	0,712	0,777	0,752

Dies kann man als weitere Bestätigung für die Berechtigung ansehen, mit der die Allometrierechnung zur Bestimmung exogener Faktoreinflüsse auf Organe angewandt wird.

Die Varianzanalyse ergibt einen übereinstimmenden Anstieg der beiden Allometriegeraden, denn a_K und a_T unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($z_{\text{Steigung}} = 0,120 < 1,96$; $p < 0,05$). Da nun eine gleiche Steigung der Allometriegeraden beider Gruppen angenommen werden darf, kann nach Berechnung der gemeinsamen Steigung ($a = 0,758$) geprüft werden, ob die Lage der beiden Geraden unterschiedlich ist. Es ergibt sich für die Differenz der Lage ein Wert $z = 7,28$. Dieser liegt über dem Prüfwert von $t = 2,58$ ($p = 0,01$). Die Wahrscheinlichkeit, daß sich die beiden b zufällig voneinander unterscheiden, ist kleiner als 1 %. Die Allometriegerade der Gruppe T liegt höher als die von Gruppe K. Somit kann, in Übereinstimmung mit dem Ergebnis von CLASS (1961), festgestellt werden, daß das Herzgewicht in Beziehung zum Körpergewicht nach Trainingsbelastung steigt.

Abb. 2a

Abb. 2b

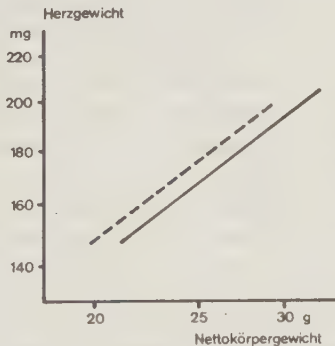
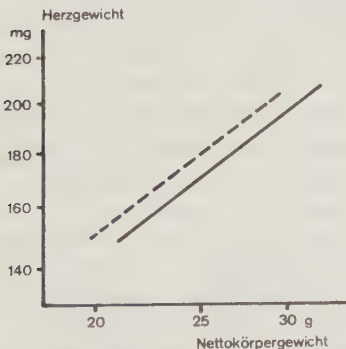


Abb. 2a: Graphische Darstellung der Beziehungen zwischen Nettokörpergewicht und Herzgewicht
 — Gruppe K ($y_K = 0,0144 \cdot x^{0,764}$)
 ---- Gruppe T ($y_T = 0,0157 \cdot x^{0,752}$)

Abb. 2b: Verlauf der Allometriegeraden bei gemeinsamem Allometrieexponenten
 — Gruppe K ($y_K = 0,0147 \cdot x^{0,758}$)
 ---- Gruppe T ($y_K = 0,0153 \cdot x^{0,758}$)

Leber

Bei der Leber als zentralem Stoffwechselorgan und Energiespeicher kann man davon ausgehen, daß sich Training und Ölgaben in quantitativen Veränderungen niederschlagen. Die Einflüsse durch körperliche Belastung ergaben z.B. bei Russenkaninchen (HOFFMANN, 1938) absolute und relative Gewichtsabnahme.

Das absolute Lebergewicht beträgt in unseren Versuchen im Mittel bei der Gruppe

K	$1,591 \pm 0,182 \text{ g}$	$(1,207 \text{ g} - 2,313 \text{ g})$
T	$1,425 \pm 0,155 \text{ g}$	$(1,162 \text{ g} - 1,785 \text{ g})$.

Diese Gewichte der beiden Stichproben unterscheiden sich signifikant voneinander ($p < 0,001$). Das um 10,4 % geringere Gewicht bei Gruppe T muß auf die körperliche Belastung zurückgeführt werden, da sich die äußeren Bedingungen für beide Gruppen nur in diesem Punkt unterscheiden. Ebenso verhielten sich die absoluten Lebergewichte in der Untersuchung von AIGNER (1979) nach Training. Auch TAYLOR (1973) stellte eine Gewichtsreduktion bei trainierten Ratten fest.

Das aus den Mittelwerten errechnete relative Lebergewicht beläuft sich auf 6,04 % in Gruppe K und 5,78 % in Gruppe T. Im Vergleich zu dem Versuch von AIGNER (ohne Ölgabe) mit den Daten 6,29 % für K und 6,10 % für T ist das Relativgewicht der Leber offenbar durch den Öleinfluß um 5 % geringer geworden.

Zur Prüfung, ob die relativen Lebergewichte der Reihenregel folgen, werden die Klassenmittel zur entsprechenden Klassennummer in Beziehung gesetzt. Die Klassenmittel liegen bei der Kontrolle zwischen 5,39 % und 7,34 %, die Reihenregel trifft hier nicht zu. Bei den trainierten Tieren betragen sie zwischen 5,43 % und 6,46 % und folgen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,001$ der Reihenregel.

Aus der Literatur ergibt sich ein einheitliches Bild. Während CLASS (1961) die Reihenregel für die Leberwerte von Albino-mäusen nach Schwimmtraining nicht erfüllt sieht und SEELIGER (1960) aus den unabhängig von der Klasse annähernd gleichen relativen Lebergewichten bei untrainierten weiblichen Albino-mäusen ein isometrisches Gewichtsverhältnis feststellt, gibt KLEMMT (1960) für *Apodemus sylvaticus* an, daß die Reihenregel zutrifft. Bei Nachprüfung der Werte, insbesondere derer der weiblichen Tiere erweist sich, daß diese Aussage nicht aus den angegebenen Daten abgeleitet werden kann.

Die aus der Allometrierechnung gewonnenen Zahlen lauten:

	Gruppe K	Gruppe T
a	0,867	0,937
b	0,0933	0,0706
r	0,614	0,661

Beide Exponenten a unterscheiden sich signifikant von Null ($p < 0,001$). Wie aus der folgenden Übersicht zu erkennen ist, liegen die gefundenen Werte für die Allometrieexponenten a im gleichen Rahmen wie die in der Literatur genannten:

	SEELIGER (K)	AIGNER (K)	SEEHER (K+ÖL)	CLASS (T)	AIGNER (T)	SEEHER (T+ÖL)
a	0,998	1,394	0,867	0,930	0,904	0,937

Lediglich die Kontrollgruppe von AIGNER zeigt einen auffallend höheren Exponenten, worauf der Autor selbst hinweist und unbekannte Einflüsse annimmt.

Die Probe auf signifikanten Unterschied zwischen den Allometrieexponenten für K und T führt zu dem Ergebnis, daß sich beide nur zufällig unterscheiden. ($z_{\text{Steigung}} = 0,705 < 1,96$). Nach der Berechnung eines gemeinsamen Allometrieexponenten $a = 0,902$ kann geprüft werden, ob die Lage der beiden Geraden

verschieden ist. Für z_{Lage} wurde der Wert 8,815 ermittelt, womit die Differenz der Lage statistisch auf dem 99 %-Niveau gesichert ist.

Abb. 3a

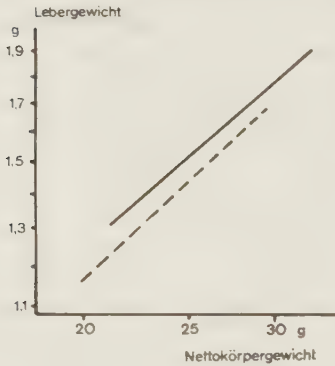


Abb. 3b

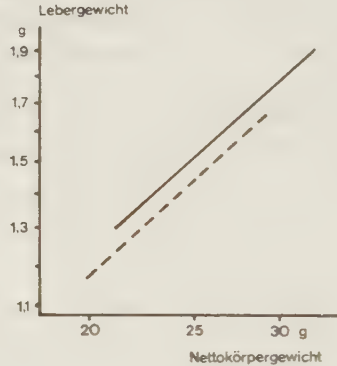


Abb. 3a: Graphische Darstellung der Beziehungen zwischen Nettokörpergewicht und Lebergewicht

— Gruppe K	$(y_K = 0,0933 \cdot x^{0,867})$
---- Gruppe T	$(y_T = 0,0706 \cdot x^{0,937})$

Abb. 3b: Verlauf der Allometriegeraden bei gemeinsamen Allometrieexponenten

— Gruppe K	$(y_K = 0,0833 \cdot x^{0,902})$
---- Gruppe T	$(y_T = 0,0791 \cdot x^{0,902})$

Ebenso wie beim Herzen zeigt sich der Einfluß des exogenen Faktors Training in einer eindeutigen Veränderung des Organkoeffizienten bei gleichbleibendem Allometrieexponenten. Allerdings ist bei der Leber der Wert b bei den trainierten Mäusen geringer als bei denen der Kontrollgruppe. Das bedeutet, daß das Lebergewicht infolge der körperlichen Belastung, bezogen auf das Gesamtkörpergewicht, abnimmt. Ein ähnliches Ergebnis erhielt HOFFMANN (1938) bei ihrer Untersuchung an Russenkaninchen, in der sowohl das absolute als auch das relative Lebergewicht durch Training sanken. Dagegen konnte CLASS keine Veränderung des Lebergewichts durch Schwimmtraining feststellen; die Unterschiede der Exponenten und der Organkoeffizienten gegenüber den von SEELIGER für Kontrolltiere angegebenen lagen noch innerhalb des Zufalls-

bereiches. Interessant ist der Vergleich des Faktors b der trainierten Gruppe von AIGNER mit dem unserer Gruppe T (+ Öl). Bei Verwendung des gemeinsamen Exponenten a aus unserer Berechnung, der mit 0,902 mit dem von AIGNER (0,904) praktisch identisch ist, ergibt sich aus der Gegenüberstellung der Koeffizienten b mit 0,0823 zu 0,0791 die wenn auch nur geringe negative Wirkung des Öls auf das Lebergewicht.

Nieren

Für die Untersuchung dieses paarigen Organs wird das Gesamtgewicht beider Nieren verwendet und nicht nach Seiten getrennt verfahren. Es hat sich nämlich an einer großen Anzahl von Versuchstieren gezeigt, daß trotz teilweise auffälliger Seitendifferenzen im Einzelfall insgesamt ein signifikanter Unterschied des Gewichts der Nieren beider Seiten nicht besteht (KLEMMT, 1960). Uneinheitlich ist dagegen die Beurteilung einer geschlechtsspezifischen Gewichts Differenz. SEELIGER (1960) weist auf die bedeutenden, statistisch gesicherten Unterschiede beim Nierengewicht von männlichen und weiblichen Tieren hin. Es zeigt sich sowohl bei der Klasseneinteilung nach Nettokörpergewicht als auch bei der Betrachtung der Allometriewerte, daß das Nierenverhältnis bei den Männchen allometrisch, bei den Weibchen dagegen isometrisch ist. Bei der Waldmaus (KLEMMT, 1960) und der Albinoratte (FRICK, 1958) ließen sich dagegen diese geschlechtsabhängigen Unterschiede nicht bestätigen.

Bei den von uns untersuchten ausschließlich weiblichen Tieren belaufen sich die absoluten Gewichte beider Nieren im Mittel auf

K	$0,347 \pm 0,040$ g	(0,260 g - 0,460 g)
T	$0,326 \pm 0,038$ g	(0,234 g - 0,436 g).

Der Unterschied der Werte beider Stichproben ist signifikant ($p < 0,001$). Ebenso deutlich geringer ist das absolute Nieren-

gewicht der Trainingsmäuse von AIGNER (0,295 zu 0,325 g). In unserem Fall ist es um 6,1 % verringert, dort um 9,2 %.

Auf das Nettokörpergewicht bezogen beträgt der Gewichtsanteil der Nieren in beiden Gruppen gleichermaßen 1,32 %. Demnach ist bei den trainierten Tieren das Nierengewicht im selben Maße gesunken wie das Körpergewicht. Diese Zahl ist identisch mit der für Gruppe T von AIGNER und weicht von dem dort gefundenen Wert für Gruppe K (1,28 %) kaum ab.

Die Extremwerte der Klassenmittel der Relativgewichte betragen bei Gruppe K 1,20 % und 1,46 %, bei Gruppe T 1,04 % und 1,63 %. Für K kann die Reihenregel nur mit 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit bestätigt werden, bei den Relativgewichten der Gruppe T trifft sie nicht zu. Für die Waldmaus, die KLEMMT (1960) untersucht hat, trifft die Reihenregel zu, gelegentliche Abweichungen werden mit präparationsbedingt unterschiedlichem Blutgehalt erklärt. CLASS (1961) konnte keine der Reihenregel entsprechende Ordnung der Relativgewichte erkennen. Dagegen gibt SEELIGER (1960) an, daß bei seinen untrainierten Albinomäusen die Reihenregel zutrifft. Diese Aussage hält allerdings einer Überprüfung anhand der angegebenen Daten nicht stand. Immerhin kann mit allen anderen Untersuchungen festgestellt werden, daß das relative Nierengewicht in einer gegenüber anderen Organen weniger strengen Korrelation zum Nettokörpergewicht steht.

Die Zahlen aus der Allometrierechnung weisen die angeführten Werte auf:

	Gruppe K	Gruppe T
a	0,796	0,683
b	0,0257	0,0365
r	0,549	0,448

Beide a sind signifikant von Null verschieden ($p < 0,001$). Bei der zusammenfassenden Darstellung der Daten aus ver-

verschiedenen Untersuchungen an Albinomäusen des gleichen Stammes ergibt sich folgendes Bild für den Allometrieexponenten:

	SEELIGER	AIGNER K	SEEHER K+ÖL	CLASS T	AIGNER T	SEEHER T+ÖL
a	0,911	0,950	0,796	0,900	0,561	0,683

Bei den Nieren werden größere Abweichungen der Allometrieexponenten voneinander sichtbar als bei Herz und Leber. Diese Unregelmäßigkeit deutete sich in anderer Form schon dadurch an, daß die Relativgewichte nicht der Reihenregel entsprechen.

Aus der Varianzanalyse ergibt sich $z_{\text{Steigung}} = 1,066$. Da dies unter dem Tabellenwert von 1,96 liegt, kann davon ausgegangen werden, daß sich die beiden Werte für a nur zufällig unterscheiden. Unter Zugrundelegung des neu errechneten gemeinsamen a = 0,205 kann überprüft werden, ob sich die Allometriegeraden bei gleicher Steigung hinsichtlich der Lage unterscheiden. Hierbei ergibt sich $z_{\text{Lage}} = 7,374$. Dieser Betrag liegt über dem Prüfwert 2,58; die Geraden unterscheiden sich also signifikant in ihrer Lage.

Abb. 4a

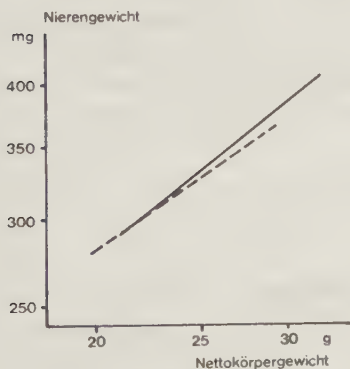


Abb. 4b

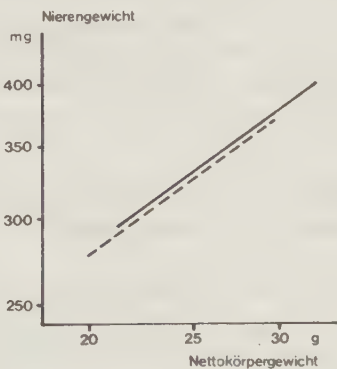


Abb. 4a: Graphische Darstellung der Beziehungen zwischen Nettokörpergewicht und Nierengewicht

— Gruppe K $(y_K = 0,0257 \cdot x^{0,796})$
 - - - Gruppe T $(y_T = 0,0365 \cdot x^{0,683})$

Abb. 4b: Verlauf der Allometriegeraden bei gemeinsamem Allometrieexponenten

— Gruppe K $(y_K = 0,0316 \cdot x^{0,733})$
 - - - Gruppe T $(y_T = 0,0311 \cdot x^{0,733})$

Mit Hilfe der Allometrierechnung wird damit nachgewiesen, daß das Training einen Effekt auf das Nierengewicht hat. Der Faktor b, der u.a. als Indikator exogener Einflüsse angesehen werden kann, weist nach Training einen geringeren Wert auf. Damit wird der negativ renotrope Effekt der körperlichen Beanspruchung durch Lauftraining in unserer Untersuchung erkennbar. Es muß darauf hingewiesen werden, daß sich der Zusammenhang zwischen Training und Nierengewicht in anderen Untersuchungen anders darstellt. Bei der Arbeit von AIGNER ließ sich keine gesicherte Aussage über die Wirkung des Trainings allein auf die Nieren treffen. CLASS (1961) findet sogar, daß das Nierengewicht nach 40 Std. Schwimmtraining statistisch gesichert höher ist als das von untrainierten Tieren. In beiden Arbeiten wurden die gleichen Auswerteverfahren angewendet wie hier. Es wäre denkbar, daß sich unser Befund aufgrund des gleichzeitigen Einflusses der Ölgaben ergibt.

Milz

Die Einbeziehung der Milz in diese Untersuchung ist nicht ohne Probleme. Bei Säugetieren dient das Organ u.a. als Blutspeicher. Es enthält infolgedessen zum Zeitpunkt der Präparation eine Blutmenge, deren Größe nicht unbedingt von den Versuchsbedingungen bestimmt ist und die obendrein zufälligen präparationsbedingten und physiologischen Schwankungen stärker unterliegt als bei den anderen Organen. Auf die hierdurch verursachten Ungenauigkeiten wies schon KLEMMT (1960) hin.

Die absoluten Milzgewichte betragen für die beiden Stichproben K und T durchschnittlich

K	$0,101 \pm 0,023$ g	(0,060 g - 0,179 g)
T	$0,088 \pm 0,028$ g	(0,042 g - 0,284 g).

Diese Mittelwerte der beiden Gruppen unterscheiden sich signifikant voneinander ($p < 0,001$). Ganz ähnliche Werte weisen die entsprechenden Angaben von AIGNER (1979) auf.

Dort wog die Milz im Mittel 0,110 g bei Gruppe K und 0,083 g bei Gruppe T.

In Bezug auf das Nettokörpergewicht wurde der prozentuale Anteil der Milz für Gruppe K auf 0,38 %, für Gruppe T auf 0,36 % bestimmt. Zum Vergleich lassen sich wiederum die Zahlen der nicht mit Öl behandelten Mäuse von AIGNER heranziehen. Ohne Training beläuft sich der Milzanteil auf 0,44 % vom Nettokörpergewicht, nach Training auf 0,37 %. Beim Vergleich der beiden Kontrollgruppenwerte wird deutlich, daß sich die Ölgaben in einer erheblichen Abnahme des Relativgewichtes (um 13,6 %) bemerkbar machen.

Die Klassenmittel der relativen Milzgewichte bewegen sich zwischen 0,28 % und 0,57 % bei K und zwischen 0,25 % und 0,41 % bei T. Es fällt auf, daß die Extremwerte in engeren Grenzen liegen als bei der Untersuchung von KLEMMT (1960) an *Apodemus sylvaticus*. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß unsere Versuchstiere genetisch einheitlicher als wildlebende Mäuse sind und daß in unserem Versuch Lebensbedingungen und Alter aller Tiere gleich waren. Aus den Werten der beiden Gruppen läßt sich keine Bestätigung der Reihenregel finden. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von RENSCH (1948) und FRICK (1957 a).

Die Allometrierechnung bringt folgende Werte:

	Gruppe K	Gruppe T
a	1,010	0,874
b	0,0037	0,0053
r	0,376	0,264

Beide Allometrieexponenten sind signifikant von Null unterschieden (K: $p < 0,001$; T: $p < 0,01$). Ohne Anwendung der Allometrierechnung stellt KLEMMT (1960) fest: "Das Gewicht der Milz läßt bei *Apodemus sylvaticus* keinerlei eindeutige Beziehung zum Körpergewicht erkennen." Im Gegensatz dazu

kann in unserer Untersuchung ein Zusammenhang festgestellt werden, der in den Werten der Allometrierechnung seinen zahlenmäßigen Ausdruck findet und der auch dadurch abgesichert ist, daß in beiden Fällen a signifikant von Null unterschieden ist. Der Vergleich der Allometrieexponenten a aus mehreren Untersuchungen ergibt die folgenden Werte:

	SEELIGER	AIGNER K	SEEHER K+ÖL	CLASS T	AIGNER T	SEEHER T
a	0,938	1,664	1,010	/	0,672	0,874.

Dabei zeigen sich auffallende Differenzen. Bei Tieren des gleichen Stammes sollten die Exponenten als art- und organspezifische Konstante eigentlich besser übereinstimmen. Wenn dies hier nicht der Fall ist, bestätigt sich die eingangs angesprochene Problematik.

Die genauere Betrachtung unserer Werte läßt eine Beurteilung durchaus zu. Die Varianzanalytische Untersuchung zeigt, daß a_K und a_T trotz augenfälliger Differenz statistisch nur zufällig unterschiedlich sind, da z_{Steigung} mit 1,06 unter dem Prüfwert $z = 1,96$ liegt und somit der Anstieg der beiden Geraden als gleich angenommen werden darf. Unter dieser Voraussetzung konnte ein gemeinsamer Exponent $a = 0,934$ errechnet werden. Damit ergibt sich bei der Berechnung der Lagedifferenz der nunmehr parallelen Geraden ein Prüfwert $z_{\text{Lage}} = 7,115$, der über dem Prüfwert $z = 2,58$ ($p = 0,01$) liegt.

Abb. 5a

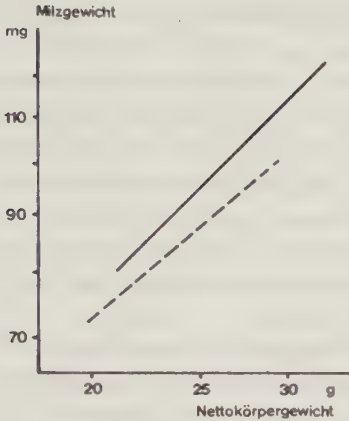


Abb. 5b

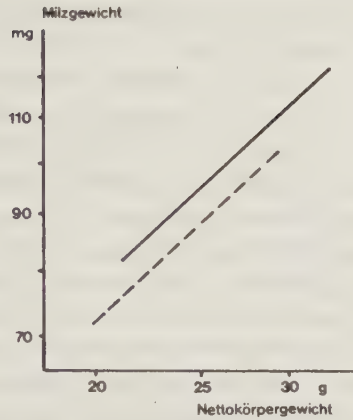


Abb. 5a: Graphische Darstellung der Beziehungen zwischen Nettokörpergewicht und Milzgewicht

$$\begin{aligned} \text{--- Gruppe K} & \quad (y_K = 0,0037 \cdot x^{1,010}) \\ \text{--- Gruppe T} & \quad (y_T = 0,0053 \cdot x^{0,874}) \end{aligned}$$

Abb. 5b: Verlauf der Allometriegesamten bei gemeinsamem Allometrieexponenten

$$\begin{aligned} \text{--- Gruppe K} & \quad (y_K = 0,0048 \cdot x^{0,934}) \\ \text{--- Gruppe T} & \quad (y_K = 0,0044 \cdot x^{0,934}) \end{aligned}$$

Da sich der Unterschied der beiden Koeffizienten auch nach Angleichung der Steigungen statistisch absichern läßt, kann in Übereinstimmung mit AIGNER von einer eindeutig negativen Beeinflussung des Milzgewichts durch Training gesprochen werden. HOFFMANN (1938 und 1947) kommt bei ihren Trainingsversuchen zu einem in der Aussage gleichen Ergebnis, ohne aber die Methode der Allometrierechnung angewandt zu haben.

Gehirn

Das Gehirn nimmt in einer quantitativen Studie unter den Organen eine Sonderstellung ein. Sein Gewicht ist, wie KLATT (1955) und FRICK (1963) feststellten, im geringsten Maß von Einflüssen abhängig und stellt demnach eine relativ konstante absolute Größe dar. So ließ sich z.B. bei AIGNER (1979) eine Wirkung des Trainings auf das absolute Gehirngewicht nicht feststellen.

Das mittlere absolute Gehirngewicht beträgt in Gruppe

K	$0,461 \pm 0,023$ g	(0,410 g - 0,512 g)
T	$0,454 \pm 0,021$ g	(0,385 g - 0,504 g).

Das Gehirn weist von allen untersuchten Körperteilen die kleinste Variationsbreite des Absolutgewichts auf. Die angegebenen Mittelwerte unterscheiden sich nicht sehr eindeutig voneinander ($p < 0,02$). Bei der Gegenüberstellung mit den von AIGNER angegebenen Mittelwerten (K: 0,462 g; T: 0,458 g) ergibt sich ein hohes Maß an Übereinstimmung. Daraus ist zu erkennen, daß das absolute Gehirngewicht keine Funktion der Versuchsbedingungen, also auch nicht von Training oder Ölapplikation, ist.

Das aus den oben angegebenen Mittelwerten errechnete relative Gehirngewicht beträgt in Gruppe K 1,75 %, in Gruppe T 1,84 % vom Nettokörpergewicht, ist also nach Training um 5,1 % höher. Hier wie auch bei AIGNER ergibt sich in der Praxis eine theoretisch zu fordernde prozentuale Erhöhung des Relativgewichts in etwa dem gleichen Maße, in dem das Körpergewicht durch das Training abnimmt.

Die Klassenmittel der relativen Gehirngewichte sinken in Gruppe K von 2,14 % auf 1,47 %, in Gruppe T von 2,34 % auf 1,47 %. Beim Gehirn als einzigem der besprochenen Organe folgen die Relativgewichte beider Gruppen signifikant ($p < 0,001$) der Reihenregel. KLEMMT (1960), die bei Waldmäusen den gleichen Befund erhebt, führt diese Tatsache darauf zurück, daß das Gehirn nicht in gleichem Maße Umwelteinflüssen unterliegt wie Stoffwechselorgane. Auch CLASS (1961) und SEELIGER (1960) bestätigen das Zutreffen der Reihenregel.

Die für das Gehirn ermittelten allometrischen Daten lauten:

	Gruppe K	Gruppe T
a	0,211	0,200
b	0,2317	0,2395
r	0,327	0,330

Die Exponenten a unterscheiden sich signifikant von Null ($p < 0,001$). Sie haben aber im Vergleich zu denen der anderen Organe einen sehr niedrigen Wert; das bedeutet, daß das Gehirn bei steigendem Körpergewicht nur verhältnismäßig wenig schwerer wird. Bei der Nebeneinanderstellung der Allometrieexponenten für das Gehirn fällt die starke Un-

	SEELIGER	AIGNER K	SEEHER K+ÖL	CLASS T	AIGNER T	SEEHER T+ÖL
a	0,182	0,247	0,211	0,286	0,355	0,200

einheitlichkeit der Werte auf. Dafür können keinesfalls präparatorische Unzulänglichkeiten verantwortlich sein, da die Präparation des Gehirns genauestens vollzogen werden konnte. Auf diese Besonderheit des Hirnexponenten, die auf der nicht bestehenden Korrelation zwischen Hirngewicht einerseits und dem durch besondere Einflüsse veränderten Körpergewicht andererseits beruht, ging schon CLASS ein.

Abb. 6a

Abb. 6b

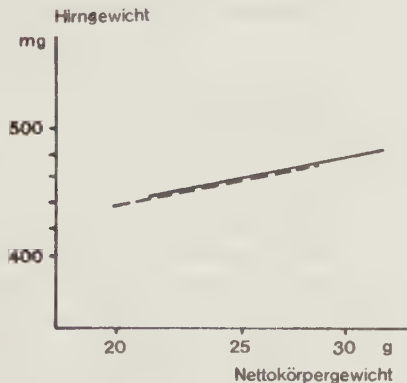
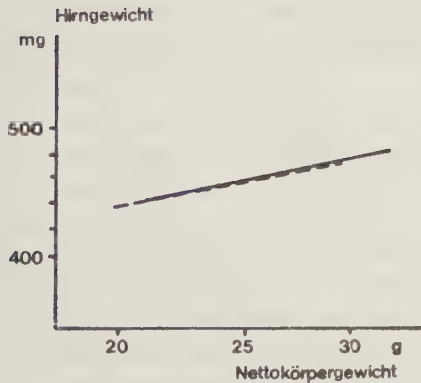


Abb. 6a: Graphische Darstellung der Beziehung zwischen Nettokörpergewicht und Hirngewicht
 — Gruppe K ($y_K = 0,2317 \cdot x^{0,211}$)
 - - - Gruppe T ($y_T = 0,2395 \cdot x^{0,200}$)

Abb. 6b: Verlauf der Allometriegeraden bei gemeinsamem Allometrieexponenten
 — Gruppe K ($y_K = 0,2358 \cdot x^{0,205}$)
 - - - Gruppe T ($y_T = 0,2353 \cdot x^{0,205}$)

Die Varianzanalyse ergibt, daß a_K und a_T nur zufällig verschiedene Zahlenwerte aufweisen ($z_{\text{Steigung}} = 1,36 < 1,96$; $p < 0,01$) und daß bei dem errechneten gemeinsamen $a = 0,205$ die Lage der beiden Geraden mit hoher Wahrscheinlichkeit identisch ist ($z_{\text{Lage}} = 2,33 < 2,58$; $p < 0,05$). Dieses Ergebnis beweist die Unabhängigkeit des Gehirngewichts von einem exogenen Faktor wie Training.

Zusammenfassung

Die Wirkung von Training auf die Organe Herz, Leber, Nieren, Milz und Gehirn wurde im Vergleich von zwei Gruppen zu je ca. 100 Albinomäusen (Stamm Agnes Bluhm) quantitativ untersucht. Dabei standen die Tiere beider Gruppen unter dem Einfluß von regelmäßigen intragastralen Olivenölgaben. Zur Erzielung des Trainingseffektes wurde eine Gruppe während der 30tägigen Versuchsdauer einem standardisierten Laufbandtraining mit einer täglichen Laufstrecke von 1000 m unterzogen.

Die Art des Trainings sowie die angewandte Präparationsmethode hatten sich bereits in einer Reihe von Untersuchungen bewährt. Auswertung und Vergleich der aus beiden Gruppen erhaltenen Daten erfolgten unter Anwendung statistischer Methoden. Wesentliche Bedeutung wird den Ergebnissen der auf alle Organe angewandten Allometrierechnung zugemessen. Die organspezifischen Allometrieexponenten a liegen bei allen untersuchten Organen im Rahmen der aus anderen Arbeiten bekannten Werte. Der jeweils erhaltene Organkoeffizient b zeigt sich wiederum geeignet, die Wirkung des exogenen Faktors Training zahlenmäßig auszudrücken.

Das **N e t t o k ö r p e r g e w i c h t** der Mäuse erfuhr durch das Training eine Abnahme von 6,3 %. Der Gewichtsanteil des **H e r z e n s** stieg durch das Training um 7,6 %, das Absolutgewicht änderte sich nicht. Der Koeffizient b liegt bei den trainierten Mäusen signifikant höher ($b_T = 0,0153$ zu $b_K = 0,0147$), die körperliche Belastung wirkte also im Sinne einer Gewichtserhöhung des Herzens. Einen gewichtsmindernden Einfluß hatte das Training auf die **L e b e r**. Sie wurde sowohl absolut (-10,4 %) als auch in Bezug auf das Gesamtkörpergewicht (-5 %) leichter. Auch der Organkoeffizient liegt bei Gruppe T ($b = 0,0791$) signifikant niedriger als bei Gruppe K ($b = 0,0833$). Die **N i e r e n** wurden durch

das Training 6,1 % leichter (Absolutgewicht). Das Relativgewicht änderte sich nicht, die Nierengewichtsabnahme erfolgte somit im gleichen Maße wie die Veränderung des Gesamtgewichts. Auch hier ist der Koeffizient b der Gruppe T signifikant kleiner als der von Gruppe K (0,0311 zu 0,0316). Bei der M i l z ergab sich ebenfalls eine deutliche Minderung des Absolutgewichts nach Training (-14,8 %). Das Relativgewicht der Milz wurde in starkem Maße durch den Öleinfluß gesenkt (-13,6 %) und darüberhinaus durch das Training nochmals um 5,3 %. Die Allometrierechnung ergab für die Milz der Gruppe T einen kleineren Organkoeffizienten als für die der Gruppe K ($b_K = 0,0048$, $b_T = 0,0044$). Dadurch wird der negative Einfluß auf dieses Organ bestätigt. Die schon von anderen Autoren herausgestellte besondere Stellung des G e h i r n s in Bezug auf Körpergewicht und äußere Einflüsse tritt deutlich zutage. Die Mittelwerte der Absolutgewichte und die Koeffizienten b unterscheiden sich nicht. Das Relativgewicht verhält sich erwartungsgemäß reziprok zur Veränderung des Gesamtgewichts.

Es hat sich gezeigt, daß intragastral verabreichtes Olivenöl als Trägersubstanz für Wirkstoffstudien an Organen geeignet ist.

LITERATUR

AIGNER, R.:

Morphometrische Untersuchungen zur Wirkung eines
Anabolikums auf die Organentwicklung bei
trainierten und untrainierten Albinomäusen
Med. Diss. München, 1979

CLASS, I.:

Der Einfluß vermehrter körperlicher Tätigkeit auf
die Organgewichte von Albinomäusen
Zschr. f. Anat. und Entwickl.-geschichte 122, 251 (1961)

FRICK, H.:

Quantitative Untersuchungen an Äthiopischen
Säugetieren. Absolute und relative Gewichte von
Herz, Leber, Milz und Nieren
Anat. Anz. 104, 305 (1957a)

FRICK, H.:

Betrachtungen über die Beziehung zwischen
Körpergewicht und Organgewicht
Z. Säugetierkunde 22, 193, (1957b)

FRICK, H.:

Betrachtungen zum allometrischen Wachstum einiger
Nagetiere
Verh. Dt. Zool. Ges. Frankfurt, 308 (1958)

FRICK, H. und J.J. Nord:

Domestikation und Hirngewicht
Anat. Anz. 113, 307 (1963)

GORDON, E.E., K. KOWALSKI and M. FRITTS:

Adaptions of muscle to various exercises
Jama, 199, 103 (1967)

HASELOFF, O.W. und HOFFMANN, H.-J.:

Kleines Lehrbuch der Statistik
Berlin (1968)

HESSE, R.:

Das Herzgewicht der Wirbeltiere
Zool. Jb., Abt. allg. Zool. 38, 243 (1921)

HOFFMANN, A.:

Der Einfluß des Trainings auf die Skelettmuskulatur
Zschr. Mikrosk.-Anat. Forsch. 43, 595 (1938)

HOFFMANN, A.:

Weitere Untersuchungen über den Einfluß des
Trainings auf die Skelettmuskulatur
Anat. Anz. 96, 191 (1947)

HOLLMANN, W. und Th. HETTINGER:

Sportmedizin-, Arbeits- und Trainingsgrundlagen
Schattauer Verlag, Stuttgart - New York (1976)

IMBRIE, J.:

Biometrical methods in the study of invertebrate
fossils
Bull Amer. Mus. Natural Hist., New York (1956)

KELLER, H.M., P.IMHOF, H. HOWALD, U. IMHOF und M. TURRI:

Veränderungen von Plasmavolumen, Haematokrit und
Körpergewicht bei Skilangläufern
Schweiz, Zschr. Sportmed. 61 (1971)

KIRCH, E. und W. NÜRMBERGER:

Entwicklungsgang und Rückbildung der sportlichen
Herzhypertrophie im Tierversuch
Arch. Kreislaufforsch. 4, 1 (1939)

KLATT, B.:

Zur Methodik vergleichender metrischer Untersuchungen,
besonders des Herzgewichtes
Biol. Zentralbl. 39, 406 (1919)

KLATT, B.:

Noch einmal: Hirngröße und Körpergröße
Zool. Anz. 155, 215 (1955)

KLEMMT, L.:

Quantitative Untersuchungen an *Apodemus sylvaticus*
(LINNAEUS 1758)
Zool. Anz. 165, 249 (1960)

KOCHAKIAN, C.D.:

Effect of male hormone on protein metabolism of
castrated dogs
Proc. Soc. Exper. Biol. 32, 1064 (1935)

LEON, A.S. and C.M. BLOOR:

Effects of exercise and its cessation on the heart
and its blood supply
J. Appl. Physiol. 24, 485 (1968)

MORPURGO, D.:

Über die postembryonale Entwicklung der quergestreiften
Muskeln von weißen Ratten
Anat. Anz. 15, 200 (1898)

POLLOCK, M.L.:

Effects of walking on body consumption and cardio-
vascular function of middle-aged men
J. Appl. Physiol. 30, 126 (1971)

RENSCH, B.:

Organproportionen und Körpergröße bei
Säugetieren und Vögeln
Zool.Jb. Abt. allg. Zool. 61, 337 (1948)

SEELIGER, H.:

Quantitative Untersuchungen an Albinomäusen
(Erbreiner Stamm "Agnes Blum")
Anat. Anz. 109, 51 (1960)

SKINNER, J.S.:

Effects of a program of endurance exercises on
physical work

Amer. J. Cardiol. 14, 747 (1964)

WEX, L.:

Der Einfluß körperlicher Belastung auf das Gesamt-
Körpergewicht und die Extremitätengewichte bei
gleichzeitigen regelmäßigen Ölgaben

Med. Diss. München, in Vorbereitung

WILLIAMS, E.J.:

Regressions- und Kausalanalyse in der Biologie
Metrika 2, 131 (1959)

WYDRA, O.:

Der Einfluß eines Anabolikums (Dianabol^R) und eines
Muskeltrainings auf Skelettmuskeln der Maus

Zschr. Anat. Entwickl.-Gesch. 136, 73 (1972)

Für die Überlassung des Themas darf ich mich beim Vorstand der Anatomischen Anstalt, Herrn Prof. Dr. H. Frick, herzlich bedanken.

Herrn Dr. Reinhard Aigner gilt für die Hilfe während der Anfertigung der Arbeit mein besonderer Dank.

Lebenslauf

Am 27. Februar 1951 wurde ich, Wolf-Dieter Seeher, als Sohn des Kaufmanns Jobst Seeher und seiner Ehefrau Gerta, geb. Böning, in Detmold geboren.

Nach dem Besuch von Volksschule und Gymnasium in Köln bestand ich 1970 das Abitur.

In den Jahren 1970 bis 1972 diente ich bei der Bundeswehr, aus der ich als Leutnant der Reserve ausschied.

Anschließend studierte ich an der Universität München zunächst Astronomie. 1974 konnte ich mit dem Studium der Zahnheilkunde beginnen, das ich im Juli 1979 mit der Zahnärztlichen Prüfung abschloß.

Seit September 1979 bin ich als Assistenzzahnarzt tätig.

